

*А.П. ПОЛИВЯНЧУК*, канд. техн. наук, *Е.Ю. ЩЕПАК*,  
*Е.Ю. ТИТОВА* (г. Луганск)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ТОКСИЧНОСТИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, ВЫБРОСЫ КОТОРЫХ НОРМИРУЮТСЯ ЕВРОПЕЙСКИМИ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ СТАНДАРТАМИ**

Досліджено внесок в сумарну токсичність відпрацьованих газів транспортних двигунів шкідливих речовин, що нормуються: монооксиду вуглецю, вуглеводнів, оксидів азоту та твердих частинок. Проведено оцінку ступеню токсичності кожної речовини на основі запропонованої методики та європейських екологічних норм EURO.

The research are carried out to integral toxicity of exhaust gases of transport engines of standardized harmful materials is explored: monooxide carboneum, hydrocarbons, nitrogen oxide and particles. The degree of toxicity of each material estimated on the basis of the suggested procedure and European ecological norms EURO.

**Введение.** Сегодня высокую актуальность имеет задача снижения токсичности отработавших газов (ОГ) транспортных силовых установок. При этом основное внимание уделяется уменьшению содержания в ОГ вредных веществ, выбросы которых нормируются международными экологическими стандартами. К таким веществам относятся: газообразные компоненты – монооксид углерода CO, углеводороды CH, оксиды азота NO<sub>x</sub>, а также твердые частицы (ТЧ) (нормы выбросов ТЧ применяются для дизельных двигателей). Каждое из названных веществ вносит свой индивидуальный вклад в суммарную токсичность ОГ двигателя, который необходимо учитывать при разработке мероприятий по обеспечению экологической безопасности транспортных ДВС.

**Постановка задачи.** Целью данной работы является сравнительная оценка индивидуальных вкладов в суммарную токсичность ОГ вредных веществ, выбросы которых нормируются европейскими экологическими стандартами – нормами EURO. В качестве исходных данных для проведения такой оценки используются: а) нормы удельных выбросов вредных веществ легковыми автомобилями (л/а) –  $e'$  (табл. 1) [1]; данные выбросы контролируются в соответствии с требованиями Правил ЕЭК ООН R-83 на стенде с беговыми барабанами и имеют размерность г/км; б) нормы удельных выбросов вредных веществ дизельными грузовыми автомобилями (г/а) и автобусами –  $e''$  (табл. 2) [1]; данные выбросы контролируются в соответствии с требованиями Правил ЕЭК ООН R-49 на тормозном стенде и имеют размерность г/кВт\*час.

**Методика оценки степени токсичности вредных веществ, выбрасываемых с ОГ двигателей.** Индивидуальный вклад в суммарную токсичность ОГ двигателя или степень токсичности вещества – R представляет собой до-

лю вреда наносимого ОГ окружающей среде, обусловленного рассматриваемым веществом.

Таблица 1

Европейские нормы выбросов вредных веществ л/а

Норматив	Год введения	Удельные выбросы $e'$ , г/км			
		CO	CH	NO <sub>x</sub>	ТЧ
EURO-I	1993	<u>2,72</u>	<u>0,97*</u>		<u>----</u>
		2,72	0,97*		0,14
EURO-II	1996	<u>2,20</u>	<u>0,50*</u>		<u>----</u>
		1,00	0,67*		0,08
EURO-III	2000	<u>1,50</u>	<u>0,17</u>	<u>0,14</u>	<u>----</u>
		0,60	0,06	0,50	0,05
EURO-IV	2005	<u>0,70</u>	<u>0,08</u>	<u>0,07</u>	<u>----</u>
		0,47	0,05	0,25	0,025

Примечания: 1. \* CH + NO<sub>x</sub>. 2. Числитель/знаменатель – бензиновые/дизели.

Таблица 2

Европейские нормы выбросов вредных веществ г/а и автобусами

Норматив	Год введения	Удельные выбросы $e''$ , г/кВт*час			
		CO	CH	NO <sub>x</sub>	ТЧ
EURO-I	1993	4,5	1,1	8,0	0,36
EURO-II	1996	4,0	1,1	7,0	0,15
EURO-III	2000	2,1	0,66	5,0	0,10
EURO-IV	2005	1,5	0,46	3,5	0,02
EURO-V	2008	1,5	0,25	2,0	0,02

Величина R определяется на основе показателя приведенного удельного выброса вредных веществ, который позволяет привести выбросы всех токсичных компонентов ОГ к одному (условному) веществу с учетом относительной агрессивности каждого компонента. При этом в качестве условного вещества принимается монооксид углерода – CO. В соответствии с рекомендациями [2] приведенный удельный выброс вредных веществ двигателя  $E_{\Sigma}$  определяется следующим образом:

$$E_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^n A_i \cdot e_i ,$$

где  $n$  – количество вредных веществ;  $E_i$  – приведенный удельный выброс  $i$ -го компонента;  $A_i$  – показатель относительной агрессивности  $i$ -го компонента, усл. г/г;  $e_i$  – удельный выброс  $i$ -го компонента: для л/а -  $e_i = e_i'$ , г/км (см. табл. 1); для г/а и автобусов  $e_i = e_i''$ , г/кВт\*час (см. табл. 2).

При вычислениях  $E_i$  величины  $A_i$  следует принимать равными: для CO –  $A_{CO} = 1$ ; для CH –  $A_{CH} = 3,16$ ; для  $NO_x$  –  $A_{NO_x} = 41,1$ ; для ТЧ –  $A_{ТЧ} = 200$  [3]. Размерность величины  $E_\Sigma$ : при рассмотрении выбросов вредных веществ л/а – усл. г/км; г/а и автобусами – усл. г/кВт\*час. Степень токсичности  $i$ -го компонента -  $R_i$  вычисляется как отношение величин  $E_i$  и  $E_\Sigma$  [2]:

$$R_i = \frac{E_i}{E_\Sigma} \cdot 100\% .$$

Следует отметить, что в отношении л/а данная методика применима только для норм EURO III и EURO-IV, которыми предусматривается раздельное измерение выбросов CH и  $NO_x$  (см. табл. 1).

**Результаты исследований и их анализ.** На основе приведенной методики и экологических норм EURO проведены вычисления степени токсичности  $R_i$  для каждого вредного вещества (рис., табл. 3).

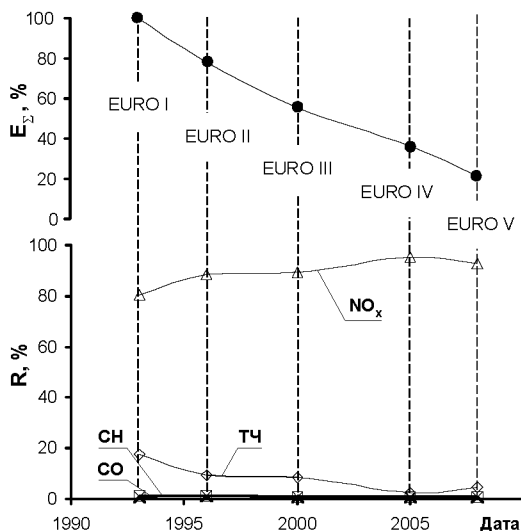


Рис. Динамика изменения приведенного удельного выброса  $E_\Sigma$  и степеней токсичности вредных веществ  $R_i$  для г/а и автобусов

Результаты вычислений показывают: а) на сегодняшний день (в период действия норм EURO-IV) наибольшую степень токсичности в ОГ всех рассматриваемых двигателей имеют оксиды азота; величина  $R_{NO_x}$  существенно

превышает степени токсичности других веществ и составляет 65...95%; б) в бензиновых л/а весомый вклад в суммарную токсичность ОГ вносят СО и СН ( $R_{CO} = 18\%$ ,  $R_{CH} = 7\%$ ); в) в дизельных л/а высокую степень токсичности имеют ТЧ ( $R_{ТЧ} = 31\%$ ), в то время, как СО и СН имеют незначительную степень токсичности ( $R_{CO} = 3\%$ ,  $R_{CH} = 1\%$ ); в дизельных г/а и автобусах степень токсичности СО, СН и ТЧ не значительна и не превышает 3% ( $R_{CO} = R_{CH} = 1\%$ ,  $R_{ТЧ} = 3\%$ ); характерно, что степень токсичности ТЧ удалось резко снизить в результате введения жестких норм EURO-IV; г) с изменением требований экологических стандартов значения  $R_i$  также изменяются, но характер их распределения остается прежним; д) при переходе от норм EURO-I (1993 г.) к нормам EURO-IV (2005 г.) токсичность ОГ г/а и автобусов снизилась на 63%, т.е. в 2,7 раза (см. рис. 1); с введением норм EURO-V она уменьшится еще на 15% (в основном за счет снижения выбросов  $NO_x$ ).

Таблица 3

Результаты вычислений степеней токсичности вредных веществ для л/а

Норматив	Степень токсичности R, %			
	СО	СН	$NO_x$	ТЧ
EURO-III	<u>19</u>	<u>7</u>	<u>74</u>	---
	2	1	65	32
EURO-IV	<u>18</u>	<u>7</u>	<u>75</u>	---
	3	1	65	31

*Примечание.* Числитель/знаменатель – бензиновые/дизели.

**Выводы.** Исследования показали, что для различных типов транспортных двигателей характерны свои степени токсичности веществ СО, СН,  $NO_x$  и ТЧ. Так, на сегодняшний день в бензиновых л/а наибольшей степенью токсичности обладают  $NO_x$  ( $R_{NO_x} = 75\%$ ), но вклад СО и СН в суммарную токсичность ОГ также весом ( $R_{CO} = 18\%$ ,  $R_{CH} = 7\%$ ). В дизельных л/а значительными являются степени токсичности  $NO_x$  и ТЧ ( $R_{NO_x} = 65\%$ ;  $R_{ТЧ} = 31\%$ ), на их фоне токсичность СО и СН не существенна ( $R_{CO} = 3\%$ ,  $R_{CH} = 1\%$ ). В дизельных г/а и автобусах токсичность ОГ почти полностью приходится на  $NO_x$  ( $R_{NO_x} = 95\%$ ), значения R для других компонентов невелики ( $R_{CO} = R_{CH} = 1\%$ ,  $R_{ТЧ} = 3\%$ ).

**Список литературы:** 1. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология: Уч. для вузов / Под ред. Луканина В.Н. – М.: Высш. шк., 2001. – 273 с. 2. Кутенев В.Ф., Звонов В.А., Корнилов Г.С. Проблемы экологии автотранспорта в России. «Экология двигателя и автомобиля»: Сб. науч. тр. – М.: НАМИ, 1998. – С.3–11. 3. Экология автомобильных двигателей внутреннего сгорания: Уч. пособие / Звонов В.А., Заиграев Л.С. и др. / Под ред. Звонова В.А. – Луганск: СЛУ им. В. Даля, 2004. – 268 с.

*Поступила в редколлегию 12.04.07*